

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-367763

(43)Date of publication of application : 20.12.2002

(51)Int.Cl.

H05B 6/10  
C21D 1/42  
C21D 9/60  
// H02M 7/48

(21)Application number : 2001-176919 (71)Applicant : MITSUI ENG & SHIPBUILD CO LTD

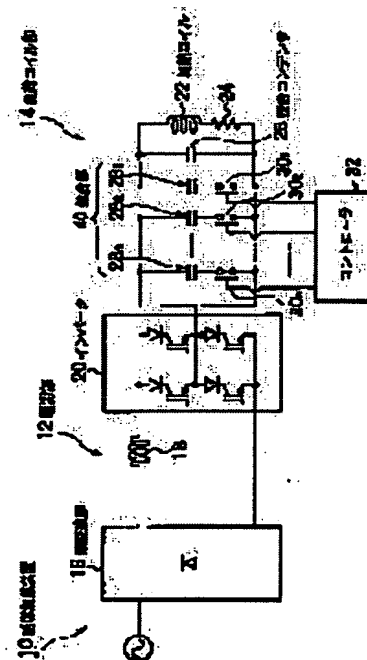
(22)Date of filing : 12.06.2001 (72)Inventor : NANBA HIDEYUKI  
UCHIDA NAOKI  
KAWANAKA KEIJI

## (54) HIGH FREQUENCY INDUCTION HEATING DEVICE AND HEATING METHOD USING THE SAME

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To prevent a drastic decrease in treatment volume of one material by designing of a power supply device with a standard set on another material, concerning broad and narrow plates with large difference in voltage and current matching of a load circuit.

**SOLUTION:** A resonant inverter is used at a power source part, an adjustment capacitor 28n is connected in parallel with a matching capacitor 26 carrying out matching with a heating coil, and at same time, a switching means 30n of conducting circuit is fitted to the adjustment capacitor. Capacity of the matching capacitor is to be variable by switching of the switching means according to kinds of metal plates as heating objects.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of

rejection]

[Kind of final disposal of application other  
than the examiner's decision of rejection or  
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

**[Claim(s)]**

[Claim 1] The induction heating apparatus characterized by having used the resonance mold inverter for the power supply section, having formed the switching means of an energization circuit in said capacitor for adjustment, having switched said switching means corresponding to the class of metal plate for heating while connecting the capacitor for adjustment to the adjustment capacitor and juxtaposition which perform adjustment with a heating coil, and enabling modification of adjustment capacitor capacity.

[Claim 2] The induction heating apparatus characterized by using a resonance mold inverter for a power supply section, forming the switching means of an energization circuit in the adjustment capacitor by which parallel connection was carried out and said adjustment capacitor of the plurality which performs adjustment with a heating coil, and coming to prepare the controller which switches said switching means corresponding to the class of metal plate for heating.

[Claim 3] the size of the metal plate for heating invested in the soaking pit of a gas furnace and others -- strange -- the heating approach using the induction heating apparatus characterized by performing the temperature control of the soaking pit by which it is accompanied further before attainment of a size-change part, carrying out adjustment heating of the underheat field accompanying a temperature control with an induction heating apparatus, and making soak heating.

[Claim 4] the size of the metal plate for heating invested in the soaking pit of a gas furnace and others -- strange -- the heating approach using the induction heating apparatus characterized by performing the temperature control of the soaking pit by which it is accompanied further after attainment of a size-change part, carrying out adjustment heating of the underheat field accompanying a temperature control with an induction heating apparatus, and making soak heating.

[Claim 5] Said induction heating apparatus is the heating approach using the induction heating apparatus according to claim 3 or 4 characterized by using a resonance mold inverter for a power supply section, changing the capacity of the adjustment capacitor which performs adjustment with a heating coil according to modification of the size of the metal plate for heating, and becoming as heating being possible near the rated injection power.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the heating approach using the induction heating apparatus and this which enabled it to maintain the amount of setting heating, even when the heating approach which used an induction heating apparatus and this is started, especially the bearer rate of the metal plate for heating is changed.

[0002]

[Description of the Prior Art] When heat-treating sheet metal with soaking pits, such as a gas furnace, continuously conventionally, and the width of face of the plate to which it is difficult for, and plate leaping of the management of the standup temperature of a gas furnace is carried out since the controllability of temperature is bad is changed, adjustment of an injection heating value poses a problem. For example, while the board width makes a width-of-face change from a large thing to a small thing, when it is going to carry out continuation heating, he joins mutually the broad plate which it lets out from coiler, and the following narrow plate, and is trying to let it pass to a heating furnace continuously. However, if the amount of heating is decreased according to a narrow-width plate before a joint part reaches, the underheat part of a broad plate will occur, and if the amount of heating required for a broad plate is conversely supplied to the joint part of a broad plate, the amount of superfluous heating unit will generate in a narrow-width plate. Therefore, since the standup of temperature is very slow when the plate from which a width method differs succeeding a soaking pit like a gas furnace tends to be passed and it is going to heat, underheat and a superfluous heating field will be generated in the joint part of a dissimilar material.

[0003] Although an induction heating apparatus is one of those have good temperature control nature, when heating a metal plate with this kind of induction heating apparatus, a proper frequency becomes settled with the size of a plate, and injection power becomes settled by whenever [ stoving temperature ]. Therefore, it is heat-treating by fixing the rate of the metal plate which usually passes continuously. However, when the size of heated material changes (for example, when changing from a broad plate succeeding a narrow-width plate), in order to hold the processing tonnage in processing Rhine uniformly not related to modification of a plate, the bearer rate of a narrow-width plate will become quick. If an induction heating apparatus is made to pass this, the power supplied to per unit area will become small, and it will become impossible to heat to whenever [ desired stoving temperature ]. Therefore, when heating a plate conventionally using an induction heating apparatus, the induction heating apparatus set corresponding to the criteria size of heated material was used, and a throughput is restricted in heated material other than criteria size.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, since it corresponds to the demand of limited production with a wide variety, it is desirable to enable it to also process an induction heating apparatus corresponding to two or more sorts. However, although the temperature up operation by the induction heating apparatus is proportional to a coil current, the coil current itself is proportional to the capacitor of a frequency and an adjustment capacitor, and a coil electrical potential difference. Moreover, maximum in general property of resonance mold inverter rated injection power W (kW) is set on the rated maximum electrical potential difference.

[0005] Therefore, although it is going to maintain the throughput in heating Rhine of a plate

uniformly and a bearer rate is gathered, when changing into narrow-width material from broad material especially, it becomes underheat by making the bearer rate of heated material quick. Since rated injection power is set on the maximum electrical potential difference of rating as mentioned above with the single induction heating apparatus although it will be necessary to increase a coil electrical potential difference if it is going to increase a coil current in order to prevent this, the problem that power cannot be raised will be produced.

[0006] This invention aims at offering the induction heating apparatus which can solve the problem that the throughput of the ingredient of another side will decrease remarkably, about a broad plate which voltage-current matching of a load circuit is large, and is different in order to carry out induction heating of the heated material of size which is different, without switching a frequency paying attention to the above-mentioned conventional trouble, and a narrow plate since criteria are put on one side and a power unit is designed. It aims at controlling the fall of the throughput generated from constraint of matching of the load circuit in an induction heating apparatus in the ingredient of the wide range board width.

[0007] Moreover, in case the heated material of a class which is different with soaking pits, such as a gas furnace, is heated continuously, it aims at offering the heating approach that generating of the field used as the underheat accompanying the transitional temperature control when performing the temperature control of a soaking pit to compensate for modification of a kind of material or superfluous heating can be prevented. Namely, the heating approach which can carry out proper heating of the plate from which the board width differs by using the high induction heating apparatus of temperature control nature as an auxiliary heating means of management of standup temperature continuously with a soaking pit like a soaking pit is aimed at offer \*\*\*\*.

[0008]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, the induction heating apparatus concerning this invention uses a resonance mold inverter for a power supply section, and while connecting the capacitor for adjustment to the adjustment capacitor and the juxtaposition which perform adjustment with a heating coil, the switching means of an energization circuit is formed in said capacitor for adjustment, said switching means is switched corresponding to the class of metal plate for heating, and it carries out that modification of adjustment capacitor capacity is possible.

[0009] Moreover, the induction heating apparatus concerning this invention is considered as the configuration which used the resonance mold inverter for the power supply section, formed the switching means of an energization circuit in the adjustment capacitor by which parallel connection was carried out and said adjustment capacitor of the plurality which performs adjustment with a heating coil, and formed the controller which switches said switching means corresponding to the class of metal plate for heating.

[0010] The heating approach using the induction heating apparatus concerning this invention performed the temperature control of the soaking pit accompanying size change of the metal plate for heating invested in the soaking pit of a gas furnace and others before attainment of a size-change part, and it constituted it so that adjustment heating of the underheat field accompanying a temperature control might be carried out with an induction heating apparatus and soak heating might be made.

[0011] Moreover, the temperature control of the soaking pit accompanying size change of the metal plate for heating invested in the soaking pit of a gas furnace and others was performed after attainment of a size-change part, and it constituted so that adjustment heating of the underheat field accompanying a temperature control might be carried out with an induction heating apparatus and soak heating might be made. In these cases, said induction heating apparatus uses a resonance mold inverter for a power supply section, changes the capacity of the adjustment capacitor which performs adjustment with a heating coil according to modification of the size of the metal plate for heating, and makes heating possible near the rated injection power.

[0012] Since it will be conveyed rather than the broad material of the preceding paragraph at high speed, the load limitation resulting from a limit of the inverter output current or an electrical potential difference can be avoided, and it enables it to heat the sheet metal of the wide range board width without the fall of throughput by applying a lower heating frequency to the narrow material

which needs a high current more about the current which flows to a heating coil according to the above-mentioned configuration.

[0013]

[Embodiment of the Invention] The concrete operation gestalt of the heating approach using the induction heating apparatus and this concerning this invention is explained to it at a detail, referring to a drawing to below. Drawing 1 is the block diagram of the induction heating apparatus concerning the gestalt of operation of this invention. The induction heating apparatus 10 concerning this operation gestalt is equipped with a power supply section 12, and the matching section 40 and the load coil section 14 to which power is supplied from the power supply section 12 concerned. By the thyristor, the power supply section 12 had the rectification section 16 which is the rectifier circuit in which the bridge circuit was formed, and is connecting AC power supply 18 to the rectification section 16 concerned. And the inverter (inverse transformation section) 20 is connected to the output side of the rectification section 16 through the smooth reactor 18. In the case of an operation gestalt, an inverter 20 is a current mold and is formed by the bridge circuit which consists of the side which carried out the series connection of diode and the transistor as everyone knows.

[0014] The load coil section 14 linked to the output side of an inverter 20 has the heating coil 22 which is a load coil for heating heated material. And the adjustment capacitor 26 is connected to juxtaposition and the parallel resonant circuit is formed in a heating coil 22 and its load equivalent resistance 24 by the heating coil 22 and the adjustment capacitor 26. That is, in the case of an operation gestalt, the inverter 20 constitutes the parallel resonance mold inverter.

[0015] Here, in the induction heating apparatus 10 concerning an operation gestalt, two or more capacitor 28n for adjustment (n= 1, 2, ....) which functions on said adjustment capacitor 26 and juxtaposition as an adjustment capacitor too is connected. Moreover, 30n (n= 1, 2, ....) of switching means of an energization circuit is formed in said capacitor 28n for adjustment, corresponding to the class of metal plate for heating, 30n of said switching means is switched, and modification of adjustment capacitor capacity is enabled. The controller 32 for operating 30n of this switching means alternatively will be formed, capacitor 28n for adjustment chosen by the command of a controller 32 will be in an operating state, and the adjustment capacitor of a heating coil 22 can be changed.

[0016] Now, sheet metal is performed as follows for changing an adjustment capacitor by the controller 32 about the case where it considers as a heated member. In the case of sheet metal, in order to make a frequency high, a heating coil 22 becomes with one turn, as shown in drawing 2 . Energy-density W/cm<sup>2</sup> which can be supplied to the unit surface area of sheet metal 34 is [Equation 1].

$$W/cm^2 \propto I^{\frac{3}{2}} \times f^{\frac{1}{2}} \times K$$

It can express by carrying out. Here, they are I:coil current, f:heating frequency, and the constant determined from K:current depth of penetration and board thickness. A constant K is expressed as follows.

[Equation 2]

$$K = \frac{\sinh(a/\Delta) - \sin(a/\Delta)}{\cosh(a/\Delta) + \cos(a/\Delta)}$$

Here, they are a:board thickness and delta:current depth of penetration (refer to drawing 3 ). Moreover, depth-of-penetration delta is [Equation 3].

$$\Delta \propto \sqrt{\frac{\rho}{\mu_0 \mu_r f}}$$

It is expressed by carrying out.

[0017] Here, the relation between a coil current and a coil electrical potential difference is [Equation 4].

$$I \propto f \cdot C \cdot V$$

$$V \propto f \cdot L \cdot I$$

It can express. However, the amount of C:adjustment capacitors, V:coil electrical potential difference, L: It is a coil inductance.

[0018] Moreover, a frequency and the relation of C and L are [Equation 5].

$$f \propto \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

It is [Equation 6] when it comes out, and five formulas are substituted for the relational expression of the coil current I of four formulas, since it is.

$$I \propto \frac{1}{\sqrt{LC}} \times C \times V = \left(\frac{C}{L}\right)^{\frac{1}{2}} \times V$$

[0019] Next, it is [Equation 7] when five formulas and six formulas are substituted for one formula.

$$\begin{aligned} W/\text{cm}^2 &\propto \left\{ \left(\frac{C}{L}\right)^{\frac{1}{2}} \times V \right\}^{\frac{1}{2}} \times \left(\frac{1}{LC}\right)^{\frac{1}{4}} \times K \\ &= \left(\frac{C}{L}\right)^{\frac{3}{4}} \times V^{\frac{3}{4}} \times \left(\frac{1}{LC}\right)^{\frac{1}{4}} \times K \\ &= \frac{1}{L} \times C^{\frac{1}{2}} \times V^{\frac{3}{4}} \times K \end{aligned}$$

It becomes.

[0020] What is necessary is just to enlarge C, when L fixes V since it is fixed when the number of coils is one, and enlarging W/cm<sup>2</sup>. Here, from five formulas, if C is enlarged, f will become small, consequently the current depth of penetration shown in three formulas becomes large, and K decreases. That is, injection power W/cm<sup>2</sup> can be enlarged by enlarging C in the range in which K does not decrease.

[0021] On the other hand, output voltage V and the relation of the output possible power kW are shown in drawing 4 as a general property of a frequency converter, i.e., an inverter. Namely, kW=100% can be obtained at the time of V= 100%. From the now and above-mentioned seven type to [Equation 8]

$$C^{\frac{1}{2}} \propto \frac{W/\text{cm}^2 \times L}{V^{\frac{3}{4}} \times K}$$

C will be determined, if need W/cm<sup>2</sup> is inputted when a next door and V are fixed at 100%.

Therefore, the automatic operation of C can be carried out.

[0022] Therefore, the board width dimension of a heated ingredient, board thickness, line speed, a temperature up value, etc. are inputted into a controller 32 as input data for an operation, and it is made to compute required injection power W/cm<sup>2</sup> based on this. Thereby, the capacitor C of the optimal adjustment capacitor is determined based on the above-mentioned formula 8. What is necessary is to ask for the difference of this and the calculated capacitor, and just to carry out ON actuation of the 30n of the switching means corresponding to capacitor 26n for adjustment so that it is in agreement or may approximate to a part for the capacitor which corresponds to that difference since it is the adjustment capacitor 26 and juxtaposition with the configuration of having connected two or more capacitor 28n for adjustment as this operation gestalt shows to drawing 1 and the capacitor of the main adjustment capacitor 26 is immobilization. Since the amount of adjustment capacitors becomes large, a frequency becomes low and a coil electrical potential difference becomes low by this, by setting this as a part for the electrical potential difference of rating, a coil current can be increased, it can have and injection power can be enlarged.

[0023] Therefore, when the board width is changed into a small thing from a large thing, in order to maintain a production tonnage, when a bearer rate is made quick, it can prevent that a heated plate will be in a low-temperature condition by heating energy shortage. For this reason, heating of the plate of size which is different with one kind of induction heating apparatus can be coped with. Whenever it adds a capacitor, as frequency-injection power characteristics show drawing 5, this changes from a to b and c, and means that permission maximum energy can always be heat-treated

by the way.

[0024] By the way, the underheat of the standup temperature characteristic of a soaking pit or superfluous heating can be coped with by carrying out as follows for using such an induction heating apparatus together with soaking pits, such as a gas furnace and an oil furnace, and heating a metallic material. That is, in a gas furnace soaking pit, soak temperature is changed with size change of heated material. However, in a soaking pit, since the standup property of temperature is bad, when it connects a metal plate with small size, for example succeeding a metal plate with large size and carries out plate leaping of this to a soaking pit continuously, heating conditions are changed before and behind a joint. Usually, in changing into the latter temperature conditions from the former temperature conditions, it lowers the temperature of a soaking pit. However, even if a joint reaches a soaking pit, since a temperature change is not changed slowly, it adopts the following approaches with this operation gestalt.

[0025] That is, as shown in drawing 6, before the joint 38 of the thick plate member 34 to precede and the sheet metal member 36 following this reaches, temperature-reduction processing is made to perform, and at the joint attainment time, as it has been temperature conditions required for sheet metal heating, it processes. If it does so, temperature insufficient field 34A will occur in the thick plate member 34. It turns out that undertemperature serves as an illustration hatching part. Then, the induction heating apparatus 10 which has the configuration shown in the inside of a furnace or its near at drawing 1 is arranged, and it heats so that it may become need temperature about temperature insufficient field 34A of the board thickness member 34 now. When it lets the plate from which a soaking pit is followed and size differs by this pass, generating of the field which had become underheat and superfluous heating before and behind the joint part can be prevented.

[0026] Conversely, when the sheet metal member 36 precedes and the thick plate member 34 follows, after a joint 38 reaches, temperature up processing of a soaking pit can be performed, and an induction heating apparatus can adjust the field which underheat generates in a furnace to optimum temperature.

[0027] As explained above, according to the induction heating apparatus 10 concerning this operation gestalt The heated member from which size differs can be heated by rated operational status with the same equipment. When heat-treating the heated member from which size differs continuously, even if it is going to maintain an equal processing tonnage and bearer rate conditions change about a greatly different broad plate of voltage-current matching of a load circuit, and a narrow plate It can prevent that the throughput of the ingredient of another side decreases remarkably.

[0028] Moreover, generating of the underheat part in the case of heat-treating the heated material from which the temperature conditions of a soaking pit are changed and size differs can be prevented by using the induction heating apparatus concerning this operation gestalt as an auxiliary heating means of soaking pits, such as a gas furnace. Therefore, proper heating of the plate from which the board width differs can be continuously carried out by using the high induction heating apparatus of temperature control nature as an auxiliary heating means of management of standup temperature.

[0029]

[Effect of the Invention] As explained above, while connecting the capacitor for adjustment to the adjustment capacitor and juxtaposition which use a resonance mold inverter for a power supply section, and perform adjustment with a heating coil according to this invention Since it considered as the induction-heating equipment configuration which formed the switching means of an energization circuit in said capacitor for adjustment, switched said switching means corresponding to the class of metal plate for heating, and enabled modification of adjustment capacitor capacity Induction heating of the heated material of different size can be continuously carried out with the same equipment.

[0030] Moreover, the temperature control of the soaking pit accompanying size change of the metal plate for heating invested in the soaking pit of a gas furnace and others is performed before attainment of a size-change part, or after attainment. By carrying out adjustment heating of the underheat field accompanying a temperature control with the induction heating apparatus of the above-mentioned configuration, and having made soak heating When the temperature conditions in the case of heating the ingredient from which size differs with a soaking pit are changed, an induction heating apparatus will assist the badness of the standup nature of temperature, and the



effectiveness which can be heated to temperature proper on the whole including a size change part is acquired.

---

[Translation done.]

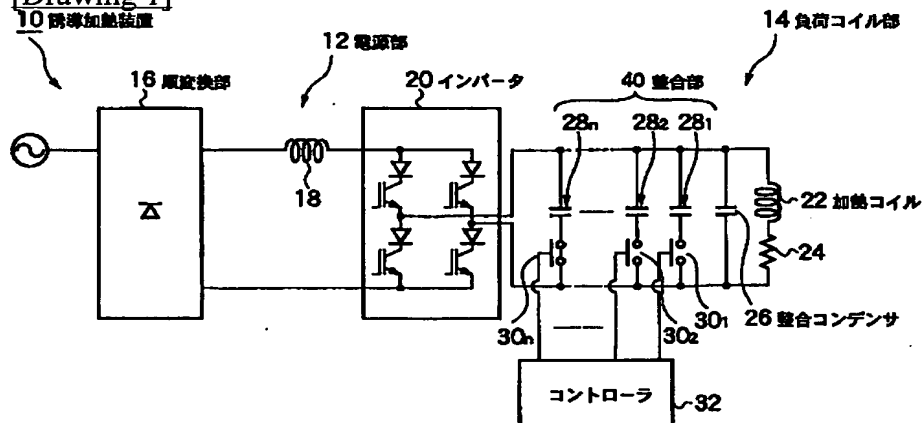
## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

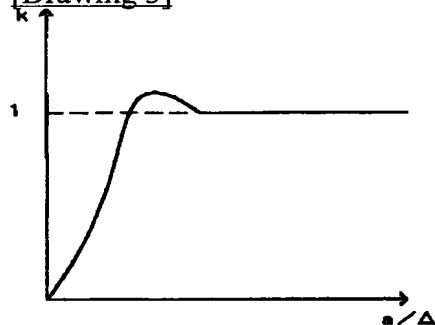
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

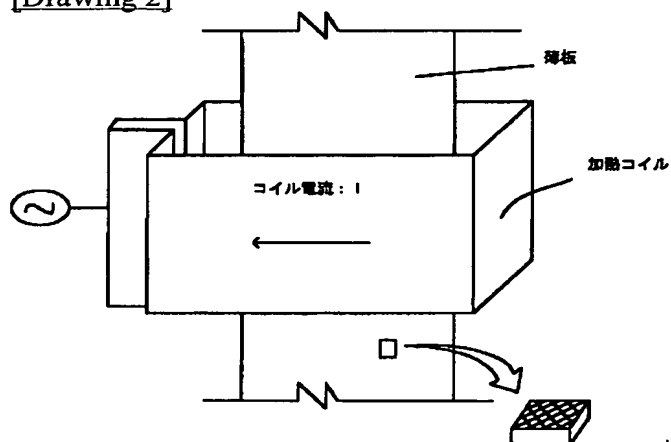
[Drawing 1]



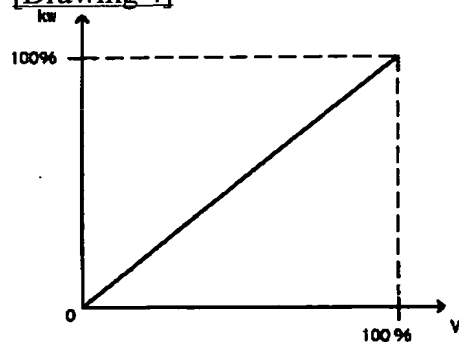
[Drawing 3]



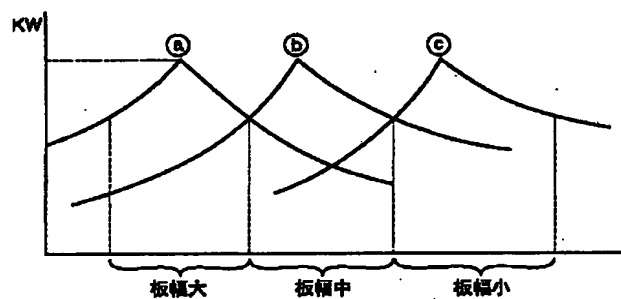
[Drawing 2]



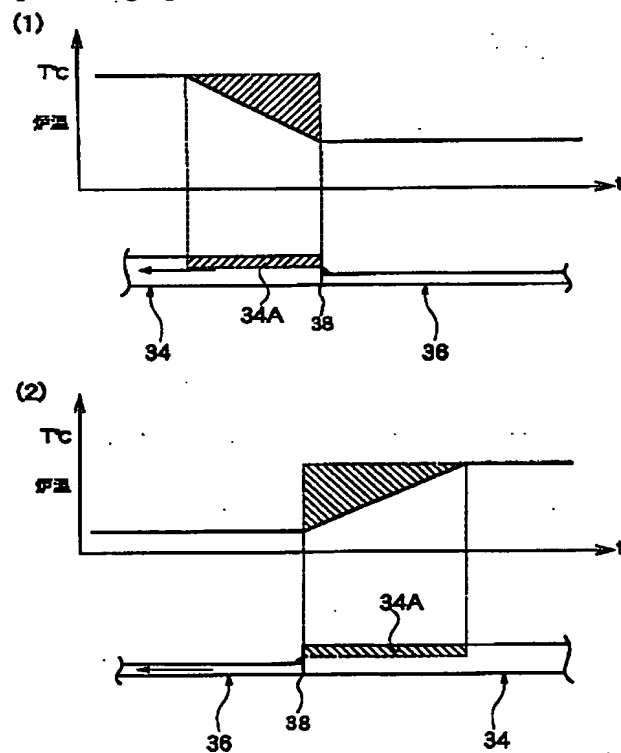
[Drawing 4]



[Drawing 5]



[Drawing 6]



[Translation done.]

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-367763  
(43)Date of publication of application : 20.12.2002

(51)Int.Cl.

H05B 6/10  
C21D 1/42  
C21D 9/60  
// H02M 7/48

(21)Application number : 2001-176919  
(22)Date of filing : 12.06.2001

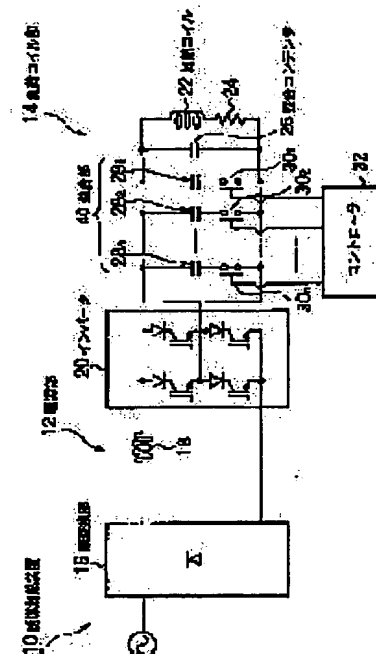
(71)Applicant : MITSUI ENG & SHIPBUILD CO LTD  
(72)Inventor : NANBA HIDEYUKI  
UCHIDA NAOKI  
KAWANAKA KEIJI

## (54) HIGH FREQUENCY INDUCTION HEATING DEVICE AND HEATING METHOD USING THE SAME

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To prevent a drastic decrease in treatment volume of one material by designing of a power supply device with a standard set on another material, concerning broad and narrow plates with large difference in voltage and current matching of a load circuit.

**SOLUTION:** A resonant inverter is used at a power source part, an adjustment capacitor 28n is connected in parallel with a matching capacitor 26 carrying out matching with a heating coil, and at same time, a switching means 30n of conducting circuit is fitted to the adjustment capacitor. Capacity of the matching capacitor is to be variable by switching of the switching means according to kinds of metal plates as heating objects.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]  
[Date of sending the examiner's decision of rejection]  
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
[Date of final disposal for application]  
[Patent number]  
[Date of registration]  
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-367763  
(P2002-367763A)

(43) 公開日 平成14年12月20日 (2002. 12. 20)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード <sup>*</sup> (参考)
H 0 5 B 6/10	3 8 1	H 0 5 B 6/10	3 8 1 3 K 0 5 9
C 2 1 D 1/42		C 2 1 D 1/42	E 4 K 0 4 3
	1 0 1	9/60	1 0 1 5 H 0 0 7
// H 0 2 M 7/48		H 0 2 M 7/48	A

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2001-176919(P2001-176919)

(22) 出願日 平成13年6月12日 (2001. 6. 12)

(71) 出願人 000005902

三井造船株式会社  
東京都中央区築地5丁目6番4号

(72) 発明者 難波 秀之

岡山県玉野市玉3丁目1番1号 三井造船  
株式会社玉野事業所内

(72) 発明者 内田 直喜

岡山県玉野市玉3丁目1番1号 三井造船  
株式会社玉野事業所内

(74) 代理人 100091306

弁理士 村上 友一 (外1名)

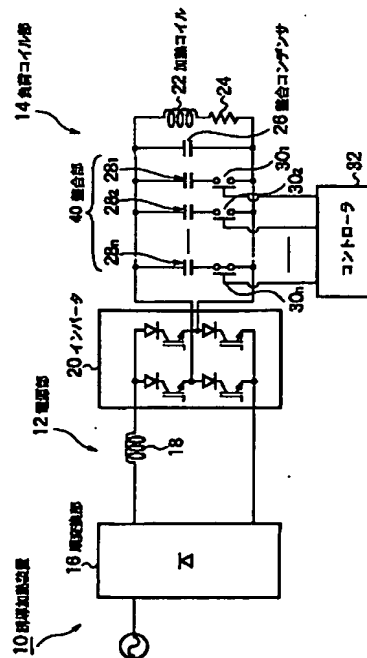
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 誘導加熱装置およびこれを用いた加熱方法

(57) 【要約】

【課題】 負荷回路の電圧・電流マッチングの大きく異なる幅広の板、幅狭の板について、一方に基準を置き、電源装置を設計するため、他方の材料の処理量が著しく減少してしまうという問題を解決する。

【解決手段】 電源部に共振型インバータを用い、加熱コイルとの整合を行う整合コンデンサ26と並列に調整用コンデンサ28nを接続するとともに、前記調整用コンデンサへ通電回路のスイッチング手段30nを設ける。加熱対象金属板の種類に対応して前記スイッチング手段を切換えて整合コンデンサ容量を変更可能とした。



**【特許請求の範囲】**

【請求項 1】 電源部に共振型インバータを用い、加熱コイルとの整合を行う整合コンデンサと並列に調整用コンデンサを接続するとともに、前記調整用コンデンサへ通電回路のスイッチング手段を設け、加熱対象金属板の種類に対応して前記スイッチング手段を切換えて整合コンデンサ容量を変更可能としたことを特徴とする誘導加熱装置。

【請求項 2】 電源部に共振型インバータを用い、加熱コイルとの整合を行う複数の並列接続された整合コンデンサと、前記整合コンデンサへ通電回路のスイッチング手段を設け、加熱対象金属板の種類に対応して前記スイッチング手段を切換えるコントローラを設けてなることを特徴とする誘導加熱装置。

【請求項 3】 ガス炉その他の均熱炉へ投入される加熱対象金属板のサイズ変更に伴う均熱炉の温度調整をサイズ変更箇所の到達以前に行い、温度調整に伴う加熱不足領域を誘導加熱装置により調整加熱して均熱加熱をなすことを特徴とする誘導加熱装置を用いた加熱方法。

【請求項 4】 ガス炉その他の均熱炉へ投入される加熱対象金属板のサイズ変更に伴う均熱炉の温度調整をサイズ変更箇所の到達以後に行い、温度調整に伴う加熱不足領域を誘導加熱装置により調整加熱して均熱加熱をなすことを特徴とする誘導加熱装置を用いた加熱方法。

【請求項 5】 前記誘導加熱装置は電源部に共振型インバータを用い、加熱コイルとの整合を行う整合コンデンサの容量を加熱対象金属板のサイズの変更に応じて変更して定格投入電力近傍で加熱可能としてなることを特徴とする請求項 3 または 4 に記載の誘導加熱装置を用いた加熱方法。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】 本発明は誘導加熱装置およびこれを用いた加熱方法に係り、特に加熱対象金属板の搬送速度が変更になった場合でも設定加熱量を維持できるようにした誘導加熱装置およびこれを用いた加熱方法に関する。

**【0002】**

【従来の技術】 従来、薄板を連続してガス炉などの均熱炉で熱処理する場合、ガス炉の立ち上がり温度の管理が困難で、温度の制御性が悪い場合通板される板材の幅が変更になったとき投入熱量の調整が問題となる。例えば、板幅が大きいものから小さいものへ幅変更しながら連続加熱しようとする場合、コイルから繰り出される幅広の板材と次の幅狭の板材とを互いに接合して連続的に均熱炉に通すようにしている。しかし、継ぎ目部分が到達する前に幅狭板材に合わせて加熱量を減少させると幅広板材の加熱不足部分が発生し、逆に幅広板材の継ぎ目部分まで幅広板材に必要な加熱量を投入すると幅狭板材に過剰加熱部分が発生してしまう。したがって、ガス炉

のような均熱炉に連続して幅寸法の異なる板材を通過させて加熱しようとする、温度の立ち上がりが非常に緩慢なので、異種材料の継ぎ目部分で加熱不足や過剰加熱領域が生じてしまう。

【0003】 温度制御性が良いものとして誘導加熱装置があるが、この種の誘導加熱装置で金属板材を加熱する場合は、板材のサイズによって適正周波数が定まり、加熱温度によって投入電力が定まる。したがって、通常は連続的に通過する金属板材の速度を一定にして加熱処理を行っている。しかし、被加熱材のサイズが変更するような場合、例えば幅広の板材から幅狭板材に連続して変更する場合には、処理ラインでの処理トン数を板材の変更に関係なく一定に保持しようとするため、幅狭板材の搬送速度が速くなってしまふ。これを誘導加熱装置に通過させると、単位面積当たりに投入されるパワーが小さくなり、所望の加熱温度まで加熱できなくなってしまう。したがって、従来、誘導加熱装置を用いて板材を加熱する場合には、被加熱材の基準サイズに対応してセッティングされた誘導加熱装置が用いられ、基準サイズ以外の被加熱材においては、処理能力を制限されていた。

**【0004】**

【発明が解決しようとする課題】 ところで、多品種少量生産の要求に対応するために、誘導加熱装置も複数種に対応して処理できるようにすることが望ましい。しかしながら、誘導加熱装置による昇温作用はコイル電流に比例するが、コイル電流そのものは周波数、整合コンデンサのキャパシタ、コイル電圧に比例する。また、共振型インバータの一般的な特性は最大の定格投入電力  $W$  (kW) は定格最大電圧でセッティングされている。

【0005】 したがって、板材の加熱ラインでの処理量を一定に維持しようとして搬送速度を上げるが、特に幅広材から幅狭材に変更する場合、被加熱材の搬送速度を速くすることによって加熱不足となる。これを防止するためにコイル電流を増大しようとする、コイル電圧を増大する必要が生じるが、単一の誘導加熱装置では上記のように定格投入電力が定格の最大電圧でセッティングされているので、パワーを上げることができないという問題を生じてしまう。

【0006】 本発明は、上記従来の問題点に着目し、周波数を切り換えることなく異なるサイズの被加熱材を誘導加熱するため、負荷回路の電圧・電流マッチングの大きく異なる幅広の板、幅狭の板について、一方に基準を置き、電源装置を設計するため、他方の材料の処理量が著しく減少してしまうという問題を解決することのできる誘導加熱装置を提供することを目的としている。広範囲の板幅の材料において、誘導加熱装置における負荷回路のマッチングの制約から発生する処理量の低下を抑制することを目的とする。

【0007】 また、ガス炉などの均熱炉にて異なる種類の被加熱材を連続的に加熱する際、材種の変更に合わせ

て均熱炉の温度調整を行ったときの過渡的な温度調整に伴う加熱不足や過剰加熱となる領域の発生を防止することのできる加熱方法を提供することを目的とする。すなわち、均熱炉のような均熱炉で、立ち上がり温度の管理の補助的な加熱手段として、温度制御性の高い誘導加熱装置を用いることによって板幅の異なる板材を連続して適正加熱することができる加熱方法を提供するを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明に係る誘導加熱装置は、電源部に共振型インバータを用い、加熱コイルとの整合を行う整合コンデンサと並列に調整用コンデンサを接続するとともに、前記調整用コンデンサへ通電回路のスイッチング手段を設け、加熱対象金属板の種類に対応して前記スイッチング手段を切換えて整合コンデンサ容量を変更可能としたものである。

【0009】また、本発明に係る誘導加熱装置は、電源部に共振型インバータを用い、加熱コイルとの整合を行う複数の並列接続された整合コンデンサと、前記整合コンデンサへ通電回路のスイッチング手段を設け、加熱対象金属板の種類に対応して前記スイッチング手段を切換えるコントローラを設けた構成としている。

【0010】本発明に係る誘導加熱装置を用いた加熱方法は、ガス炉その他の均熱炉へ投入される加熱対象金属板のサイズ変更に伴う均熱炉の温度調整をサイズ変更箇所の到達以前に行い、温度調整に伴う加熱不足領域を誘導加熱装置により調整加熱して均熱加熱をなすように構成した。

【0011】また、ガス炉その他の均熱炉へ投入される加熱対象金属板のサイズ変更に伴う均熱炉の温度調整をサイズ変更箇所の到達以後に行い、温度調整に伴う加熱不足領域を誘導加熱装置により調整加熱して均熱加熱をなすように構成した。これらの場合において、前記誘導加熱装置は電源部に共振型インバータを用い、加熱コイルとの整合を行う整合コンデンサの容量を加熱対象金属板のサイズの変更に応じて変更して定格投入電力近傍で加熱可能としている。

【0012】上述構成によれば、加熱コイルに流れる電流について、前段の幅広材よりは高速で搬送されてしまうために、より大電流が必要な幅狭材に対し、より低い加熱周波数を適用することにより、インバータ出力電流あるいは電圧の制限に起因する出力制限を回避でき、広範囲の板幅の薄板を処理量の低下なく加熱できるようにしたものである。

【0013】

【発明の実施の形態】以下に、本発明に係る誘導加熱装置およびこれを用いた加熱方法の具体的実施形態を、図面を参照しつつ、詳細に説明する。図1は、本発明の実施の形態に係る誘導加熱装置の構成図である。この実施

形態に係る誘導加熱装置10は、電源部12と、当該電源部12から電力を供給される整合部40および負荷コイル部14を備えている。電源部12は、サイリスタによってブリッジ回路を形成した整流回路である順変換部16を有し、当該順変換部16に交流電源18を接続している。そして、順変換部16の出力側には、平滑リアクトル18を介してインバータ（逆変換部）20が接続されている。インバータ20は、実施形態の場合、電流型であって、周知のようにダイオードとトランジスタとを直列接続した辺からなるブリッジ回路によって形成している。

【0014】インバータ20の出力側に接続した負荷コイル部14は、被加熱材を加熱するための負荷コイルである加熱コイル22を有している。そして、加熱コイル22とその負荷等価抵抗24とには、整合コンデンサ26が並列に接続してあって、加熱コイル22と整合コンデンサ26とによって並列共振回路を形成している。すなわち、実施形態の場合、インバータ20は、並列共振型インバータを構成しているのである。

【0015】ここで、実施形態に係る誘導加熱装置10では、前記整合コンデンサ26と並列に、やはり整合コンデンサとしての機能をなす複数の調整用コンデンサ28n（n=1, 2, ……）を接続している。また、前記調整用コンデンサ28nへ通電回路のスイッチング手段30n（n=1, 2, ……）を設けており、加熱対象金属板の種類に対応して前記スイッチング手段30nを切換えて整合コンデンサ容量を変更可能としている。このスイッチング手段30nを選択的に作動させるためのコントローラ32が設けられており、コントローラ32の指令によって選択された調整用コンデンサ28nが作動状態になり、加熱コイル22の整合キャパシタを変えることができる。

【0016】今、薄板を被加熱部材とする場合についてコントローラ32により整合キャパシタを変更するには次のように行う。薄板の場合には周波数を高くするため、加熱コイル22は、図2に示すように、1ターンとなる。薄板34の単位表面積に投入できるエネルギー密度  $W/cm^2$  は、

【数1】

$$W/cm^2 \propto I^2 \times f^{\frac{1}{2}} \times K$$

として表すことができる。ここで、I：コイル電流、f：加熱周波数、K：電流浸透深さと板厚から決定される定数である。定数Kは、次のように表される。

【数2】

$$K = \frac{\sinh(a/\Delta) - \sin(a/\Delta)}{\cosh(a/\Delta) + \cos(a/\Delta)}$$

ここで、a：板厚、Δ：電流浸透深さである（図3参照）。また、浸透深さΔは、

【数3】

$$\Delta \propto \sqrt{\frac{\rho}{\mu_0 \mu_r f}}$$

として表される。

【0017】ここで、コイル電流とコイル電圧の関係は、

【数4】

$$I \propto f \cdot C \cdot V \\ V \propto f \cdot L \cdot I$$

と表すことができる。ただし、C：整合コンデンサ量、V：コイル電圧、L：コイルインダクタンスである。

【0018】また、周波数とC、Lの関係は、

【数5】

$$f \propto \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

であるから、5式を4式のコイル電流Iの関係式に代入すると、

【数6】

$$I \propto \frac{1}{\sqrt{LC}} \times C \times V = \left(\frac{C}{L}\right)^{\frac{1}{2}} \times V$$

【0019】次に、5式、6式を1式に代入すると、

【数7】

$$W/cm^2 \propto \left\{ \left(\frac{C}{L}\right)^{\frac{1}{2}} \times V \right\}^{\frac{3}{2}} \times \left(\frac{1}{LC}\right)^{\frac{1}{4}} \times K \\ = \left(\frac{C}{L}\right)^{\frac{3}{4}} \times V^{\frac{3}{2}} \times \left(\frac{1}{LC}\right)^{\frac{1}{4}} \times K \\ = \frac{1}{L} \times C^{\frac{1}{2}} \times V^{\frac{3}{2}} \times K$$

となる。

【0020】コイルが1種類の場合は、Lが一定であるため、Vを固定してW/cm<sup>2</sup>を大きくする場合は、Cを大きくすれば良い。ここで、5式より、Cを大きくするとfが小さくなり、その結果、3式に示す電流浸透深さが大きくなり、Kが減少する。すなわち、Kが減少しない範囲でCを大きくすることにより、投入パワーW/cm<sup>2</sup>を大きくできるのである。

【0021】一方、周波数変換器すなわちインバータの一般的な特性として、出力電圧Vと出力可能電力kWの関係は図4に示すようになっている。すなわち、V=100%のときにkW=100%を得ることができる。今、上記7式から、

【数8】

$$C^{\frac{1}{2}} \propto \frac{W/cm^2 \times L}{V^{\frac{3}{2}} \times K}$$

となり、Vを100%で固定した場合、必要W/cm<sup>2</sup>を入力すれば、Cは決定する。したがって、Cを自動演算することができるのである。

【0022】したがって、コントローラ32には、被加熱材料の板幅寸法、板厚、ライン速度、昇温値などを演算入力データとして入力し、これに基づいて必要な投入パワーW/cm<sup>2</sup>を算出させる。これにより、上記式8に基づいて最適な整合コンデンサのキャパシタCが決定される。この実施形態では図1に示しているように、整合コンデンサ26と並列に調整用コンデンサ28nを複数接続した構成となっているので、主たる整合コンデンサ26のキャパシタは固定であるので、これと演算されたキャパシタとの差分を求め、その差分に相当するキャパシタ分に一致もしくは近似するように調整用コンデンサ26nに対応するスイッチング手段30nをオン動作させれば良い。これによって、整合コンデンサ量が大きくなって周波数が低くなり、コイル電圧が低くなるので、これを定格の電圧分に設定することによりコイル電流を増大させ、もって投入パワーを大きくすることができる。

【0023】したがって、板幅が大きいものから小さいものへ変更された場合、生産トン数を維持するために搬送速度を速くした場合、加熱エネルギー不足により被加熱板材が低温状態となることを防止することができる。このため、一種類の誘導加熱装置で異なるサイズの板材の加熱に対処することができるものとなっている。このことは、コンデンサを加算するたびに周波数・投入パワー特性が、図5に示すように、aからb、cに変化し、常に許容最大エネルギーのところで加熱処理できることを意味している。

【0024】ところで、このような誘導加熱装置をガス炉や重油炉などの均熱炉と併用して金属材料を加熱するには次のように行うことにより、均熱炉の立ち上がり温度特性の加熱不足あるいは過剰加熱に対処することができる。すなわち、ガス炉均熱炉では被加熱材のサイズ変更に伴って均熱温度を変更する。しかし、均熱炉では温度の立ち上がり特性が悪いので、例えばサイズの大きい金属板材に連続してサイズの小さな金属板材を繋いで、これを連続的に均熱炉に通板する場合、継ぎ目の前後で加熱条件を変更する。通常、前者の温度条件から後者の温度条件に変更する場合には、均熱炉の温度を下げる。しかし、継ぎ目が均熱炉に到達したとしても温度変化は緩慢にしか変動しないため、本実施形態では次のような方法を採用する。

【0025】すなわち、図6に示すように、先行する厚板部材34とこれに続く薄板部材36の継ぎ目38が到達する前に温度降下処理を行わせ、継ぎ目到達時点では薄板加熱に必要な温度条件となっているように処理する。そうすると厚板部材34に温度不足領域34Aが発生する。不足温度は図示ハッチング部分となることが判



る。そこで、炉内もしくはその近傍に図 1 に示した構成を有する誘導加熱装置 10 を配置し、これで板厚部材 34 の温度不足領域 34A を必要温度となるように加熱するのである。これによって、均熱炉に連続してサイズの異なる板材を通したときに、継ぎ目部分の前後で加熱不足や過剰加熱となっていた領域の発生を防止することができる。

【0026】逆に薄板部材 36 が先行して、厚板部材 34 が後続する場合には、継ぎ目 38 が到達した後に均熱炉の昇温処理を行い、炉内で加熱不足が発生する領域を誘導加熱装置によって最適温度まで調整することができる。

【0027】以上説明したように、本実施形態に係る誘導加熱装置 10 によれば、サイズの異なる被加熱部材を同一の装置によって定格運転状態で加熱することができ、連続してサイズの異なる被加熱部材を加熱処理する場合に、負荷回路の電圧・電流マッチングの大きく異なる幅広の板、幅狭の板について、均等な処理トン数を維持しようとして搬送速度条件が変わったとしても、他方の材料の処理量が著しく減少してしまうようなことを防止できる。

【0028】また、本実施形態に係る誘導加熱装置をガス炉などの均熱炉の補助加熱手段として用いることにより、均熱炉の温度条件を変えてサイズの異なる被加熱材を加熱処理しようとする場合の加熱不足部分の発生を防止することができる。したがって、立ち上がり温度の管理の補助的な加熱手段として、温度制御性の高い誘導加熱装置を用いることによって板幅の異なる板材を連続して適正加熱することができるのである。

【0029】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、電源部に共振型インバータを用い、加熱コイルとの整合を行う整合コンデンサと並列に調整用コンデンサを接続するとともに、前記調整用コンデンサへ通電回路のスイッチング手段を設け、加熱対象金属板の種類に対応して

前記スイッチング手段を切換えて整合コンデンサ容量を変更可能とした誘導加熱装置構成としたので、異なるサイズの被加熱材を連続して同一の装置で誘導加熱することができる。

【0030】また、ガス炉その他の均熱炉へ投入される加熱対象金属板のサイズ変更に伴う均熱炉の温度調整をサイズ変更箇所の到達以前もしくは到達以後に行い、温度調整に伴う加熱不足領域を上記構成の誘導加熱装置により調整加熱して均熱加熱をなすようにしたことにより、均熱炉でサイズの異なる材料を加熱する場合の温度条件を変えた場合に、温度の立ち上がり性の悪さを誘導加熱装置が補助することによって、サイズ変化部分を含んで全体的に適正な温度に加熱することができる効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】実施形態に係る誘導加熱装置の回路構成図である。

【図 2】加熱コイル部分の模式図である。

【図 3】誘導加熱装置における投入パワーにおける定数  $k$  と電流浸透深さの関係を示す特性図である。

【図 4】誘導加熱装置のコイル電圧と投入パワーとの関係を示す特性図である。

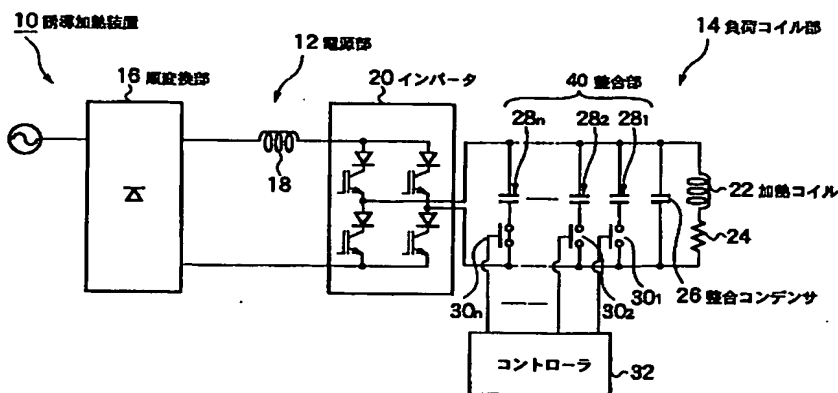
【図 5】コンデンサ加算に伴う周波数-投入パワー特性図の変化を示す図である。

【図 6】異種材料連続通板させる場合の均熱炉の温度変更状態を示す図である。

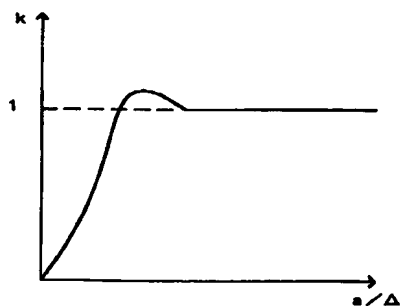
【符号の説明】

10………誘導加熱装置、12………電源部、14………負荷コイル部、16………順変換部、18………交流電源、20………インバータ、22………加熱コイル、24………内部抵抗、26………整合コンデンサ、28<sub>n</sub>………調整用コンデンサ、30<sub>n</sub>………スイッチング手段、32………コントローラ、34………厚板部材、36………薄板部材、40………整合部。

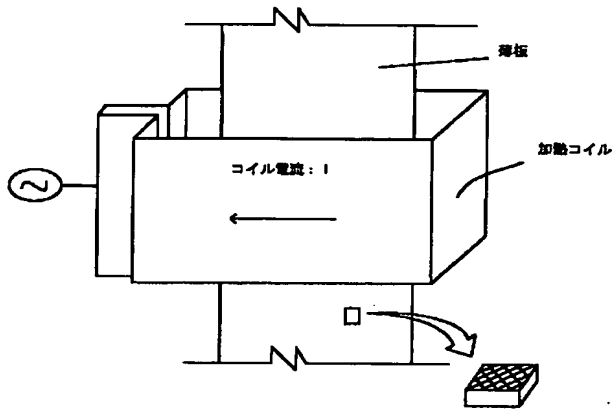
【図 1】



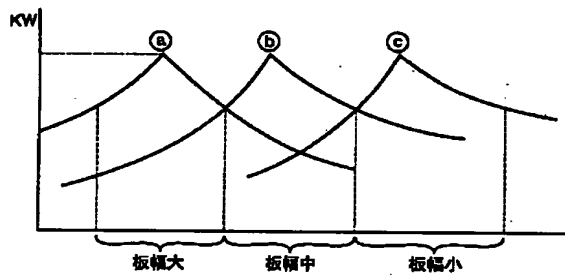
【図 3】



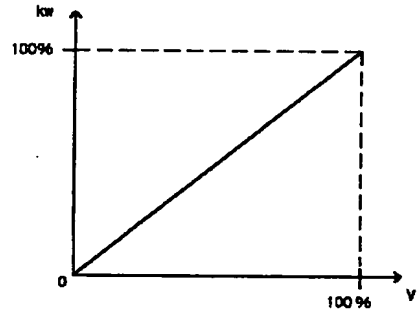
【図2】



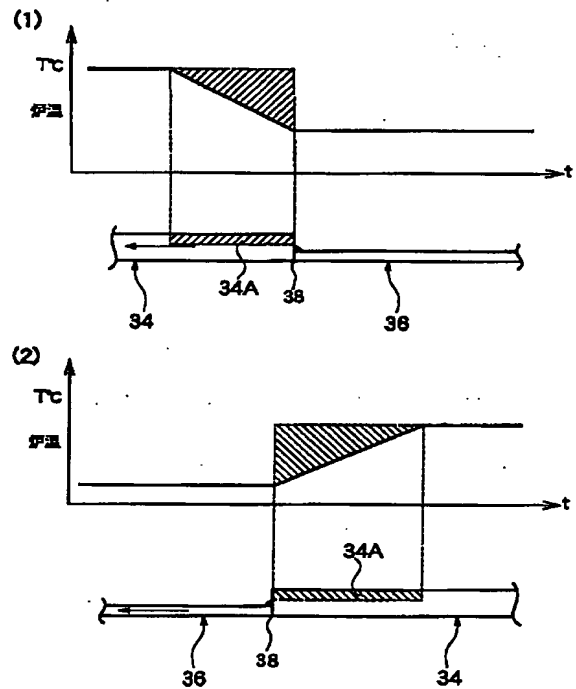
【図5】



【図4】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 川中 啓二  
岡山県玉野市玉3丁目1番1号 三井造船  
株式会社玉野事業所内

Fターム(参考) 3K059 AA07 AB26 AD02 AD05 AD19  
CD19 CD40  
4K043 AA01 CA04 EA05 FA03 FA12  
5H007 AA07 BB04 CA01 CB02 CB05  
CB09 CC09 DA03